

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(11)特許出願公開番号

特開2000-164580

(P2000-164580A)

(43)公開日 平成12年6月16日(2000.6.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 L 21/302	B 4 K 0 5 7
C 2 3 F 4/00		C 2 3 F 4/00	G 5 C 0 3 0
H 0 1 J 27/02		H 0 1 J 27/02	5 C 0 3 4
37/08		37/08	5 F 0 0 4
37/305		37/305	A

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-74937

(22)出願日 平成11年3月19日(1999.3.19)

(31)優先權主張番号 特願平10-268784

(32)優先日 平成10年9月22日(1998.9.22)

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 北川 英夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ
ン株式会社内

(74)代理人 100088096

弁理士 福森 久夫

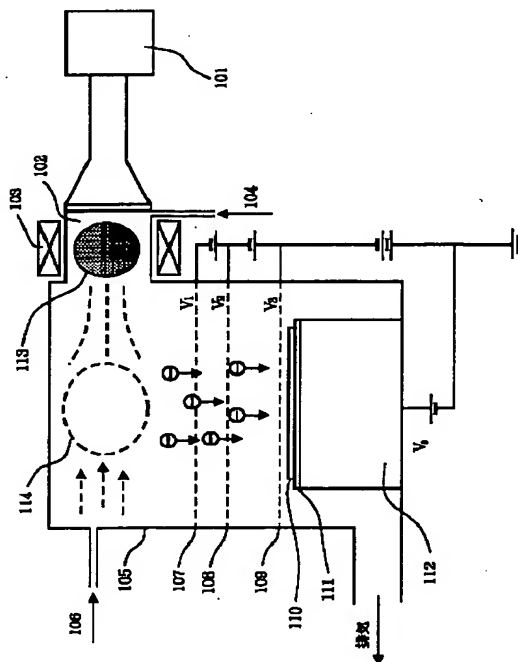
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びそれを用いた処理方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、負イオンを連続的にかつ高密度に生成するとともに、当該負イオンを被処理体に入射させることによって、被処理体に対してアッシングエッチングやクリーニング等の不要物の除去を行うことが可能であり、その結果、高い処理速度や少ないチャージアップダメージを実現できる、プラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 本発明に係るプラズマ処理装置は、真空容器と、前記真空容器内に処理体を支持する為の支持手段とを有するプラズマ処理装置において、プラズマ発生空間に第一のガスを導入する手段と、前記プラズマ発生空間内の前記第一のガスに電気エネルギーを供給してプラズマを発生させる手段と、前記プラズマ発生空間に連通する負イオン生成空間内に導入された前記プラズマに、第二のガスを混合して負イオンを生成する手段と、前記負イオンを引き出して前記被処理体に供給する手段と、を具備することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空容器と、前記真空容器内に処理体を支持する為の支持手段とを有するプラズマ処理装置において、

プラズマ発生空間に第一のガスを導入する手段と、
前記プラズマ発生空間内の前記第一のガスに電気エネルギーを供給してプラズマを発生させる手段と、
前記プラズマ発生空間に連通する負イオン生成空間内に導入された前記プラズマに、第二のガスを混合して負イオンを生成する手段と、
前記負イオンを引き出して前記被処理体に供給する手段と、
を具備することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 前記プラズマを発生させる手段は、平行平板型、ICP型、マグネトロン型、ECR型、ヘリコン波型、表面波型、平板マルチスロットアンテナによる表面波干渉型、RLSA型から選択される電気エネルギー供給源であることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 前記第一のガスは、塩素、フッ素、臭素、沃素から選択される少なくとも一つの元素を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記第二のガスは、ハロゲン元素を含むガス及び不活性ガスのうち少なくともいずれか一種を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記第二のガスは、活性中性粒子、電子及びイオンのうち少なくともいずれか一種を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 前記負イオンを引き出して被処理体に供給する手段は、正の電圧が印加されるグリッド電極及び／又は正の電圧が印加される前記支持手段であることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】 前記負イオン生成空間内に発生しているプラズマのポテンシャル V_0 と、前記グリッド電極に印加した正の電圧 V_1 との関係が、 $V_0 > V_1 > 0$ であることを特徴とする請求項 6 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】 前記被処理体に対して、正の直流電圧又はパルス状電圧を印加する手段を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】 前記支持手段と前記被処理体とを電氣的に絶縁する手段を有することを特徴とする請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】 前記被処理体から放出される二次電子を捕獲する手段を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】 前記支持手段に対して印加される正の電圧 V_1 と、前記グリッド電極に印加する正の電圧 V_0 との関係が、 $V_1 > V_0 > 0$ であることを特徴とする請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 12】 請求項 1 に記載のプラズマ処理装置を用いて被処理体を処理するプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理装置及びそれを用いた処理方法に係る。より詳細には、負イオンを大量に発生させるとともに、当該負イオンを被処理体に入射させることによって、被処理体に対してエッチングやクリーニング等の不要物の除去を行うことが可能なプラズマ処理装置及びそれを用いた処理方法に関する。本発明に係るプラズマ装置は、半導体素子や光学素子や磁気素子等の製造プロセスにおいて好適に用いられる。

【0002】

【従来の技術】一般に、プラズマ処理装置において負イオンを生成するには、プラズマ温度を下げる事が重要であると言われている。プラズマ温度と負イオン生成との関係については、例えば Basic Data of Plasma Physics (Sanborn C. Brown 著、AIP Press, 1993) に記述されている、電子エネルギーに対する粒子への電子の付着確率を見れば明らかとなる。この文献から、例えば塩素系のガス分子への電子付着解離の断面積は 1 eV 付近でピークを持つことが分かる。一方、通常の半導体製造プロセスに使われるプラズマでは、電子温度は 2~5 eV であることから、負イオンの効率的な生成のためには、電子温度を適切な温度まで下げてやる必要があると考えられる。

【0003】従来、負イオンを利用するプラズマ処理装置の代表例としては、例えば以下に示す 2 つが挙げられる。

(1) プラズマの時間的アフターグローを用いる方法

本法を利用した装置の一例としては、特開平 8-181125 号公報に開示された装置(図 5(a))が挙げられる。図 5(a)において、501 はマイクロ波電源、502 は磁場コイル、503 は導波管、510 は被処理体、512 は被処理体の支持台、514 はプラズマ、531 は真空容器、532 は高周波電源である。この方法では、マイクロ波電源 501 の発振を 10~100 マイクロ秒の周期でパルス変調することにより生成したプラズマ 514 をオン/オフさせ、プラズマオフの期間にプラズマ温度をさげて負イオンを生成する。また、図 5(b)に示すように、プラズマ 514 のパルス変調と同期して被処理体 510 の支持台 512 に高周波電源 532 から高周波バイアスを印加することによって、正/負イオンを交互に被処理体 510 に引き込み、被処理体 510 の処理を行う。

(2) プラズマを空間的に下流に導く空間的アフターグローを用いる方法

図面としては例示しないが、この方法は、プラズマ生成領域から数十センチメートル下流に被処理体を設置し、

下流に拡散して徐々に冷却され生成した負イオンを利用する方法である。

【0004】しかしながら、上記2つの方法には、以下に示す問題があった。

【0005】①パルス変調プラズマを用いる方法においては、プラズマがオンとなっている残り半周期では、正イオンが生成されているため、正/負イオン交互照射のエッチング装置としては高い効率をもつが、負イオンを優先的に用いてエッチングを行う場合には、処理時間の半分でしか負イオンを生成していないことから、高い効率を得ることは困難である。

【0006】②プラズマを空間的に下流に導くことにより、プラズマの温度を下げて負イオンを生成させる方法では、プラズマと真空容器壁との相互作用により、プラズマ密度自体が急激に低下するため、高密度に生成したプラズマを効率的に負イオンに転換することができない。

【0007】従って、従来の方法には、負イオンの大量発生、及び効果的な処理という点で改善すべき余地があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、負イオンを連続的にかつ高密度に生成するとともに、当該負イオンを被処理体に入射させることによって、被処理体に対してアッシング、エッチングやクリーニング等の不要物の除去を行うことが可能であり、その結果、高い処理速度や少ないチャージアップダメージを実現できる、プラズマ処理装置及びそれを用いた処理方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係るプラズマ処理装置は、真空容器と、前記真空容器内に処理体を支持する為の支持手段とを有するプラズマ処理装置において、プラズマ発生空間に第一のガスを導入する手段と、前記プラズマ発生空間内の前記第一のガスに電気エネルギーを供給してプラズマを発生させる手段と、前記プラズマ発生空間に連通する負イオン生成空間内に導入された前記プラズマに、第二のガスを混合して負イオンを生成する手段と、前記負イオンを引き出して前記被処理体に供給する手段と、を具備することを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】以下では、本発明に係るプラズマ処理装置の構成及びその作用について、図面を参照して説明する。

【0011】図1は、本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す模式的な断面図である。図1において、101は電気エネルギー供給源としてのマイクロ波電源、102はプラズマ発生空間、103は必要に応じて設けられる磁場コイル、104は第一のガス導入口、105は被処理体の処理室、106は第二のガス導入口、107

は必要に応じて設けられる第一の予備グリッド電極、108は必要に応じて設けられる第二の予備グリッド電極、109はグリッド電極、110は被処理体、111は必要に応じて設けられる絶縁板、112は被処理体支持台、113はプラズマ、114は負イオン生成空間である。

【0012】図1のプラズマ処理装置では、以下の手順によって被処理体に対してプラズマ処理が行われる。

【0013】まず、第一のガスを導入する手段としての第一のガス導入口104よりプラズマ発生空間102の中にフッ素、塩素、臭素、沃素等のハロゲン元素を含むガス及び/又は酸素を含むガスを導入するとともに、必要に応じて磁場コイル103に電流を流してプラズマ発生空間102に磁場を印加する。同時に、マイクロ波電源101により電気エネルギーとしてのマイクロ波を供給することによって、プラズマ発生空間102内に第一のガスのプラズマを生成する。そして、プラズマ発生空間102から見て下流側に位置する被処理体の処理室105の負イオン生成空間114には生成されたプラズマが拡散する。ここで用いるプラズマの発生方法は、平行平板型、ICP (Inductive Coupling Plasma) 型、マグネトロン型、ECR (Electron Cyclotron Resonance) 型、ヘリコン波型、表面波型、平板マルチスロットアンテナによる表面波干渉型、RLSA (Radial Line Slot Antenna) の何れでも良いが、プラズマ発生空間102から見て下流側に位置する処理室105の負イオン生成空間114に生成したプラズマを拡散させる際に、プラズマ密度が減少することを考えると、プラズマ密度は可能な限り高い方法が好ましい。

【0014】次に、処理室105に、第二のガスとして、フッ素、塩素、臭素、沃素等のハロゲンガス、或いはヘリウム、ネオン、アルゴン、キセノン等の不活性ガスから選択される少なくとも一種のガスを供給する。ここで供給する第二のガスは、プラズマ発生空間102から処理室105内の負イオン生成空間の中に拡散された第一のガスのプラズマより温度が低いガスであれば、分子、中性活性原子、イオン、電子の何れが含まれていても構わない。

【0015】負イオンが発生する過程は、以下の通りである。

【0016】前述した文献の Basic Data of plasma physics に記述されている、H.Healey Phil. Mag.26, 940 (1938)の出典データを図6に示す。同図より、ハロゲン系分子への電子付着解離断面積は、約2 eVにピークを持つことが分かる。電子付着解離の反応式は以下の通りである。

【0017】反応式： $X_2 + e^- \rightarrow X^+ + X^- + e^-$

ここで、Xはハロゲン元素を表す。

【0018】以上の反応により、負イオンが生成される。

【0019】また、M.V.Kurepa and D.S.Belic J.Phys. B:Molec. Phys. Vol.11, PP3719-3729(1978)には、更に低いエネルギーでの付着解離断面積のデータが記述されている。このデータを図7に示す。同図より、0 eVに近づくにつれ、2 eVでの付着解離断面積の100倍にも達する非常に大きな付着解離断面積が得られることが分かる。以上の結果より、負イオンの効率的な生成のためには、電子温度をできる限り下げてやる必要がある。

【0020】上述したように、プラズマ発生空間102では主に正イオンと電子からなるプラズマ113が生成されている。そして、このプラズマ113を処理室105の負イオン生成空間114に導き、このプラズマ113の温度より温度の低いガスと混合することによって、プラズマの温度を、例えば1 eV程度に急激に低下させる。その結果、プラズマを構成している電子の中性原子への付着確率が増加するため、中性原子と電子の結合や中性分子への電子の付着解離による負イオンの生成が、負イオン生成空間114で起こる。上記プラズマより温度の低いガスとしては、電気陰性度の高い負性ガス、例えばフッ素、塩素、臭素、沃素等のハロゲンガスが好ましく、このようなハロゲンガスのプラズマ中では、中性原子や分子と電子の結合が起こりやすく、負イオンが多量に生成され易い。従って、負イオン生成空間114の中には、負イオンが多量に含まれているプラズマが存在することになる。

【0021】以上のようにして生成された、負イオンを多量に含むプラズマより負イオンのみを優先的に取り出すために、1つの例では、真空容器中にグリッド電極109を設ける。そして、必要に応じて第一の予備グリッド電極106及び第二の予備グリッド電極108を設置する。又、グリッド電極を設けずに被処理体の支持台112に正の電圧を印加してもよいし、グリッド電極109のみとしてそれに正の電圧を印加してもよい。更に、第一、第二の予備グリッド電極それぞれに V_1 、 V_2 の正の電位を印加し、その電圧は $V_2 > V_1 > V_0 > 0$ となるようにする。ここで、 V_0 はプラズマポテンシャルであり、通常は数Vの値を示す。このようなグリッド電極の配置により、負イオンは $V_2 - V_0$ (eV) というエネルギーで加速され、2枚のグリッドに対して垂直方向かつ被処理体110の方向に引き出される。 V_1 、 V_2 の値を調節することにより、負イオンのエネルギーを任意に調整することが可能である。

【0022】このように負イオン引き出し用電極によって引き出された負イオンの下流方向に、被処理体110を載置した被処理体支持台112を設置する。

【0023】さらに、図1の場合、支持台112の直前に配されているグリッド電極109は2次電子捕獲の役目も担う。支持台112とグリッド電極109のそれぞれに正の電圧 V_1 、 V_2 を印加し、 $V_2 > V_1 > 0$ となるよ

うに電圧値を設定する。ここで、 V_0 の電圧は、正の電圧であれば、定常的な直流電圧またはパルス状の直流電圧の何れでも良い。

【0024】従って、プラズマ中より引き出された負イオンは、 $V_2 - V_0$ (eV) のエネルギーを持って、被処理体110に入射する。また、被処理体110の表面より放出された二次電子は、 $V_2 - V_0$ の電位に加速されて二次電子捕獲用グリッドに捕獲され、被処理体110の表面に過剰の負の電荷がたまるのを防止することができる。ゆえに、本発明に係る装置では、 V_1 、 V_2 の電位を調整することにより、被処理体への負イオンの入射エネルギーおよび基体表面からの二次電子放出量を任意に調整することが可能である。また、支持台112の上に直接被処理体110を設置すると、被処理体110の表面に蓄積した負電荷が被処理体110上に形成されたゲート酸化膜（不図示）を通して支持台112に流れ込み、結果としてゲート酸化膜の破壊をもたらす。この防止効果をより向上させるため、被処理体支持台112と被処理体110との間に絶縁性の板111を設置する。絶縁性の板111の材質としては、例えばアルミナ、窒化アルミなどが考えられるが、絶縁性であり且つプラズマ耐性が高い性質を有している材料は全て適用することが可能である。

【0025】本発明に係る装置を用い、被処理体を負イオンでプラズマ処理する利点は以下の通りである。

【0026】①負イオンが被処理体（例えば、必要に応じて各種の被膜が形成された半導体基板）に入射しても、入射エネルギーが10 eV以上あれば二次電子が放出されるため、被処理体の負への帯電は防げる。また、入射エネルギーが数十 eV以上となり、一つの入射負イオンに対する二次電子の放出数が2個以上となった場合でも、正に帯電した被処理体に電子が引き戻される作用が働くため、帯電圧は数Vで飽和し、安定するという効果が期待できる。

【0027】②また、負イオンが入射した被処理体の表面の温度は、正イオンが入射した場合に比べて低いという利点がある。これは、正イオンが中性原子に戻る反応は17 eVの発熱反応であるのに対し、負イオンが中性原子に戻る反応は3 eVの吸熱反応であることに起因している。その結果、負イオンが被処理体に入射しても、イオン入射点近傍での局所的な被処理体の表面温度が正イオン入射の時と比べて低くなるので、被処理体に対する熱的なダメージ（例えば結晶の乱れやフォトレジストマスクの変質など）を小さく抑えることができる。

【0028】上述したように、本発明に係るプラズマ処理装置では、負イオンを用いることにより、被処理体の表面の帯電がなく、ゲート酸化膜の静電破壊やイオンの曲がりによるエッチング形状異常のない、また、被処理体に対する熱的なダメージが少ない、良好なプラズマ処理が実現できる。

【0029】本発明に用いられるプラズマ化されるガス、即ち負イオンの源となる第一のガスは、ハロゲン元素を含むガス、酸素を含むガスである。

【0030】具体的には、 F_2 、 Cl_2 、 I_2 、 Br_2 等のハロゲン元素単体のガス、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 CCl_2F_2 、 $CBrF_3$ 、 CCl_4 、 $C_2Cl_2F_4$ 、 BCl_3 、 NF_3 等のハロゲン化合物ガス、 O_2 、 O_3 等の酸素を含むガスである。

【0031】又、第二のガスは、プラズマ化されて電子温度及びイオン温度が上昇している第一のガスのプラズマより温度が低ければよいのであるから、上記第一のガスと同じものや不活性ガス等が用いられる。そして、第一のガスのプラズマを1 eV程度に急冷できるものが好ましい。

【0032】本発明に用いられる支持台やグリッド電極に与えられる電圧は、被処理体に負イオンを優先的に供給し得るに十分な電圧である。具体的には、支持台に印加される電圧は、好ましくは+50V～+200V、より好ましくは+80V～+200Vである。

【0033】グリッド電極に印加される電圧は、好ましくは+20V～+200V、より好ましくは+80V～+200Vである。

【0034】グリッド電極を図1のように複数にしたり、支持台とグリッド電極の両方に負イオン供給の為の電圧を印加する場合には、上述した相対関係を保つようにすることが、望ましい。

【0035】そして、本発明による処理としては、エッチング、アッシング、クリーニング等の不要物の除去処理である。

【0036】具体的には、シリコン、酸化シリコン、窒化シリコン等のシリコン及びシリコン化合物のエッチング、金属（合金も含む）、シリサイド等のエッチング、ホトレジストのアッシング、ホトレジストの変質硬化膜のアッシングやクリーニング、半導体や絶縁体やシリサイドや金属からなる表面上の異物のクリーニング、自然酸化膜の除去等である。

【0037】図2は、ゲート電極形成のためのドライエッチング工程の中のオーバーエッチングステップにおける基板の断面構造を示す模式図である。図2において、421は基板、423は絶縁膜、424は電極、431はホトレジストマスク、432は正イオン、433は負イオン、434は電子、435はノッチング、436は二次電子である。ここで、オーバーエッチングステップとは、電極424のエッチングがほとんど終了した後、ウエハ面内の均一性などの問題から、部分的に残留した僅かなゲート電極膜を完全に除去するために行う過剰な時間のエッチングのことである。

【0038】図2(a)は、正イオンを用いドライエッチングした場合を示す模式的な断面図である。交流電場1周期の間で正イオン432と電子434が交互に半導

体基板421に入射することにより、基板421表面の帯電量を一定に保っている。しかし、電子434は正イオン432に比べて質量が軽くその軌道を容易に曲がられるため、図2(a)に示すように、断面形状の縦横比（アスペクト比）の大きい、即ち深い穴の底には電子434よりも正イオン432の到達量が多くなり、正に帯電してしまう。その結果、図2(a)に示すような密集した並んだ配線の一番外の配線では、配線のない領域との間に電位差が発生し、その電界でイオンが曲げられることにより、ノッチング435と呼ばれる形状異常が発生する。

【0039】一方、図2(b)は上記工程に負イオンを適用した場合である。図2(b)に示すように、負イオン433は質量が大きいので、アスペクト比に依存せず均一に基板421表面に入射し、基板421表面は僅かに負に帯電する。負イオン入射により発生する二次電子436は、負に帯電した基板421表面に再付着することではなく、二次電子捕獲用グリッド（不図示）に捕獲され、基板421表面が大きく正または負に帯電することはない。このように、負イオンのみを用いた処理を行うことにより基板421表面が均一に負に帯電している状況では、局所的な電界の発生によりイオンの軌道が曲げられることはなく、形状異常のないゲート電極の加工が達成されることが考えられる。

【0040】図3は、別の実施の形態によるプラズマ処理装置を示す。301は第一のマイクロ波電源、302はプラズマ発生空間、303は磁場コイル、304は第一のガス導入口、305は被処理体処理室、306は第二のガス導入口、307は第一の予備グリッド電極、308は第二の予備グリッド電極、309はグリッド電極、310は被処理体、311は絶縁板、312は被処理体支持台、313は第一のガスのプラズマ、314は負イオン生成空間、321は第二のマイクロ波電源、322は放電管、323は輸送管、324は第二の導波管、325は第二のガスのプラズマである。

【0041】図3の装置は、図1に示した装置の第二のガス導入口の部分に、プラズマを生成するための放電管322と、マイクロ波を供給するための第一のマイクロ波電源321及び第二の導波管324と、発生したプラズマ内のイオンを再結合させ、活性中性粒子のみを被処理体処理室に輸送するための輸送管323と、を付加的に設置した点が、図1の装置と異なる。

【0042】輸送管323の長さや太さは、プラズマ中の高エネルギーイオンや電子が消滅するに十分なサイズとする。

【0043】

【実施例】以下に実施例をあげて本発明をより詳細に説明するが、本発明がこれら実施例に限定されることはない。

【0044】（実施例1）本例では、図1に示す装置を

10

20

30

40

50

用い、被処理体処理室105に導入する第二のガスをオン（供給）した時とオフ（供給遮断）した時のエッチング速度の変化を調べた。その際、プラズマ生成方式としてはECR型のプラズマ源を、被処理体110としてはシリコン酸化膜上にノンドープの多結晶シリコン膜を堆積したウエハを用いた。

【0045】まず、被処理体110を、図1に示した装置の支持台112上に設置した。その後、排気系を介してプラズマ発生空間102及び処理室105を排気し、その真空度が 5×10^{-6} Torrとなるまで減圧した。その後、第一のガス導入口104よりプラズマ発生空間102内に Cl_2 ガス100 sccmを供給し、排気系に設置されたスロットバルブ（不図示）を調整して圧力を5mTorrに設定した。

【0046】次に、磁場コイル103に電流を流してプラズマ発生空間102の磁場を875Gに設定し、マイクロ波電源101から2.45GHzのマイクロ波を1kWの電力で供給することにより、プラズマ発生空間102内にプラズマ113を発生させた。このようにして生成したプラズマ113は、磁場コイル103の拡散磁界に沿って、プラズマ発生空間102に連結されている被処理体処理室105側へと拡散する。ここで、被処理体処理室105に連結されている第二のガス導入口106より、 Cl_2 ガス100 sccmを供給し、拡散したプラズマを冷却することによって、負イオン生成空間114において負イオンを生成した。

【0047】また、負イオン生成空間114で生成した負イオンを取り出すため、第1の予備グリッド電極107に+50V、第2の予備グリッド電極108に+75Vの直流電圧を印加した。更に、被処理体支持台112には+100V、グリッド電極109には+105Vの直流電圧を印加した。負イオン生成空間114におけるプラズマ電位は2～6V程度であると考えられるため、上記電圧を各グリッドに印加した場合、被処理体110には100eV近くのエネルギーで負イオンを入射させていることになる。

【0048】本実施例の効果を確認するため、第二のガスをオンした場合とオフした場合における、被処理体110の表面に設けた多結晶シリコン膜のエッチング速度を比較した。その結果、ガスをオフとした場合のエッチング速度はおおよそ毎分70nmであったのに対し、ガスをオンとした場合のエッチング速度はおおよそ毎分290nmであり、ガスをオンした場合には4倍以上のエッチング速度が確認されたことから、大量の負イオンが生成され作用したものと考えられる。ゆえに、本実施例の装置は量産性の観点からも充分に満足できる装置であることが分かった。

【0049】（実施例2）本例では、図1に示す装置を、半導体製造プロセスにおける多層配線の、異なる配線層間を接続するビアホール形成プロセスにおいて、上

層金属配線を成膜する前のクリーニングプロセスに適用し、チャージアップダメージの有無を調べた。

【0050】シリコン基板表面のビアホール底には、自然酸化膜またはエッチングの際のイオン衝撃により導入される結晶欠陥が残留しているため、このまま第二層金属配線を形成すると、自然酸化膜と結晶欠陥によりビアホールの抵抗値が上昇し、回路遅延や配線の導通不良をもたらす。そこで、これらの残留物はクリーニング等により除去する必要がある、現在はプラズマを用いる方法が広く一般的に使われている。ここで問題となるのがプラズマによるチャージアップ現象である。このクリーニングを従来の正イオン処理で行った場合、プラズマより導入された正電荷は第一層金属配線を通してゲート電極に流れ、最終的には、シリコン基板とゲート電極の間に存在するゲート酸化膜に電圧がかかる。その結果、この電圧が破壊電圧に達するとゲート酸化膜は静電破壊に至り、また破壊電圧以下でもゲート酸化膜に微少なトンネル電流が流れることにより、その寿命を著しく劣化させるという問題があった。

【0051】本例では、図4に示す断面構造を有する半導体基板に対して、図1の装置を用いてクリーニング処理を行った。

【0052】図4において、221はシリコン基板、222は素子分離絶縁膜、223はゲート酸化膜、224はゲート電極、225は第一層間酸化膜、226は第一層金属配線、227は第一層金属配線のバリアメタル、228は第一層金属配線の反射防止膜、229は第二層間酸化膜、230はドライエッチングにより形成したビアホール、231は反射防止膜表面の薄い酸化層、241は第二層金属配線である。

【0053】上記構造を有する半導体基板221を、図1に示した装置の支持台112上に設置した。その後、排気系を介してプラズマ発生空間102及び被処理体処理室105を排気し、その真空度が 5×10^{-6} Torrとなるまで減圧した。その後、プラズマ発生空間102内に SF_6 ガス150 sccmを供給し、排気系に設置されたスロットバルブを調整して圧力を10mTorrに設定した。

【0054】次に、磁場コイル103に電流を流してプラズマ発生空間102の磁場を875Gに設定し、マイクロ波電源101より2.45GHzのマイクロ波を1kWの電力で供給することにより、プラズマ発生空間102内にプラズマ113を発生させた。このようにして生成したプラズマ113は、磁場コイル103の拡散磁界に沿って、プラズマ発生空間102に連結されている被処理体処理室105側へと拡散する。ここで、被処理体処理室105に連結されている第二のガス導入口106より、 SF_6 ガス150 sccmを供給し、拡散したプラズマを冷却することによって、負イオン生成空間114においてフッ素負イオンを生成した。

【0055】また、負イオン生成空間114で生成した負イオンを取り出すため、第1の予備グリッド電極107に+50V、第2の予備グリッド電極108に+75Vの直流電圧を印加した。更に、半導体基板支持台112には+100V、グリッド電極109には+105Vの直流電圧を印加した。負イオン生成空間114でのプラズマ電位は2~6V程度であると考えられるため、上記電圧を各グリッドに印加した場合、半導体基板110には100eV近くのエネルギーで負イオンを入射させていることになる。

【0056】上記方法で発生させたフッ素負イオンにて、被処理体110に対してクリーニング処理を30秒間実施した後、被処理体110を真空中に保持したまま金属配線成膜室（不図示）へと移動させ、第二層金属配線241の堆積を行った。更に、フォトリソットによるパターンニング及びドライエッチング等の工程を経て、第二層金属配線241を形成し、半導体素子の特性を以下の通り評価した。

【0057】半導体素子の特性評価は、8インチのシリコンウエハ上に作製された100個の評価用トランジスタを用い、そのトランジスタのゲート酸化膜が破壊に至るまでの電荷量 Q_g を測定することで行った。その結果、従来の正イオンを用いたクリーニング処理では Q_g が10クーロンを下回る不良を示す素子が100個中2個存在するのに対して、負イオンを用いた本発明の場合は、ゲート酸化膜の性能劣化を起す素子は全くないことが確認された。

【0058】（実施例3）本例では、図2に示す装置を用い、プラズマを冷却する第二のガスを中性活性粒子とした場合について説明する。

【0059】上記装置を用いて、実施例1と同様に多結晶シリコン膜のエッチング速度測定を行った。その際、被処理体310としては、シリコン酸化膜上にノンドープの多結晶シリコン膜を堆積したウエハを用いた。

【0060】まず、被処理体310を、図2に示した装置の支持台312上に設置した。その後、排気系を介してプラズマ発生空間302及び処理室305を排気し、その真空度が 5×10^{-6} Torrとなるまで減圧した。その後、第一のガス導入口304よりプラズマ発生空間302内に Cl_2 ガス100sccmを供給し、排気系に設置されたスロットルバルブ（不図示）を調整して圧力を5mTorrに設定した。

【0061】次に、磁場コイル303に電流を流してプラズマ発生空間302の磁場を875Gに設定し、第一のマイクロ波電源301から2.45GHzのマイクロ波を1kWの電力で供給することにより、プラズマ発生空間302内に第一のプラズマ313を発生させた。このようにして生成した第一のプラズマ313は、磁場コイル303の拡散磁界に沿って、プラズマ発生空間302に連結されている処理室305側へと拡散する。

【0062】一方、第二のガス導入口306より、放電管322内に Cl_2 ガス100sccmを供給し、更に、第二のマイクロ波電源321より250Wのマイクロ波を供給して、放電管322内に第二のプラズマ325を発生させた。発生した第二のプラズマ325のうち、イオンは壁や粒子間での衝突により急速に再結合して消滅し、寿命の長い中性活性粒子のみが輸送管323を通過して処理室305に到達し、上述したプラズマ発生空間302から処理室305側へと拡散した第一のプラズマ313を冷却することによって、負イオン生成空間314において負イオンを生成した。

【0063】また、負イオン生成空間314で生成した負イオンを取り出すため、第1の予備グリッド電極307に+50V、第2の予備グリッド電極308に+75Vの直流電圧を印加した。更に、支持台312には+100V、グリッド電極309には+105Vの直流電圧を印加した。負イオン生成空間314におけるプラズマ電位は2~6V程度であると考えられるため、上記電圧を各グリッド電極に印加した場合、被処理体310には100eV近くのエネルギーで負イオンを入射させていることになる。

【0064】以上の手順で処理したウエハの、多結晶シリコン膜のエッチング速度を測定した結果、エッチング速度がおおよそ毎分350nmであることが分かった。すなわち、実施例1に示したガス分子を混合した場合（エッチング速度がおおよそ毎分290nm）より、更に高いエッチング速度が図2の装置で得られることが明らかとなった。

【0065】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、負イオンを大量に発生させるとともに、当該負イオンを被処理体に入射させることによって、被処理体に対してエッチングやクリーニング等を行うことが可能な、プラズマ処理装置を提供することができる。その際、本装置では大量の負イオンを優先的に用いていることから、チャージアップダメージの少ない、プラズマ処理が実現できる。また、本装置は、プラズマと当該プラズマより温度の低いガスを混合することにより、多量の負イオンが生成され、負イオンによるエッチング速度も著しく改善できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す模式的な断面図である。

【図2】半導体基板の帯電の様子を説明する為の模式図である。

【図3】本発明に係るプラズマ処理装置の他の一例を示す模式的な断面図である。

【図4】本発明に係るプラズマ処理装置において、チャージアップダメージのないプラズマ処理が行われたことを確認するために用いた半導体素子からなる被処理体の

13

断面構造を示す模式的な断面図である。

【図 5】従来のプラズマ処理装置の一例を示す模式的な断面図である。

【図 6】ハロゲン系断面積の電子エネルギー依存性を示すグラフ。

【図 7】塩素分子への断面積の電子エネルギー依存性を示すグラフ。

【符号の説明】

101 マイクロ波電源、
102 プラズマ発生空間、
103 磁場コイル、
104 第一のガス導入口、
105 被処理体の処理室、
106 第二のガス導入口、
107 第一の予備グリッド電極、
108 第二の予備グリッド電極、
109 グリッド電極、
110 被処理体、
111 絶縁板、
112 支持台、
113 プラズマ、
114 負イオン生成空間、
221 シリコン基板、
222 素子分離絶縁膜、
223 ゲート酸化膜、
224 ゲート電極、
225 第一層間酸化膜、
226 第一層金属配線、
227 第一層金属配線のバリアメタル、
228 第一層金属配線の反射防止膜、
229 第二層間酸化膜、

14

* 230 ドライエッチングにより形成したビアホール、
231 反射防止膜表面の薄い酸化層、
241 第二層金属配線、
301 第一のマイクロ波電源、
302 プラズマ発生空間、
303 磁場コイル、
304 第一のガス導入口、
305 処理室、
306 第二のガス導入口、
10 307 第一の予備グリッド電極、
308 第二の予備グリッド電極、
309 グリッド電極、
310 被処理体、
311 絶縁板、
312 支持台、
313 第一のプラズマ、
314 負イオン生成空間、
321 第二のマイクロ波電源、
322 放電管、
20 323 輸送管、
324 第二の導波管、
325 第二のプラズマ、
501 マイクロ波電源、
502 磁場コイル、
503 導波管、
510 被処理体、
512 被処理体支持台、
514 プラズマ、
531 真空容器、
30 532 高周波電源。

*

【図 4】

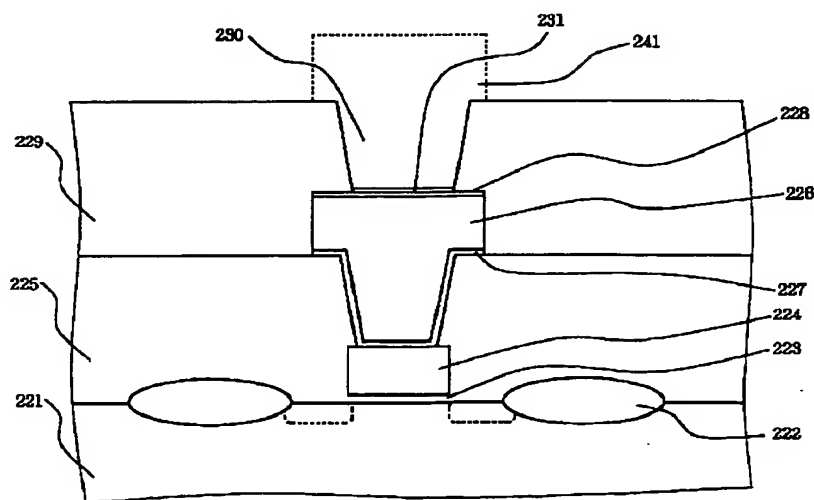
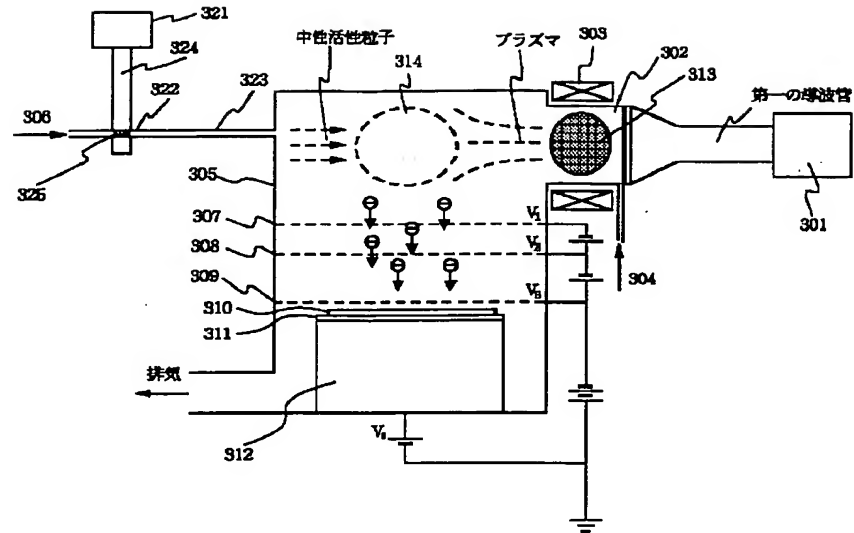
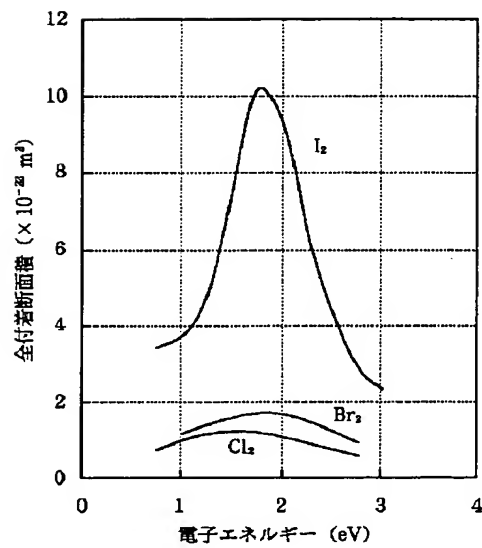


Fig. 1 consists of two cross-sectional views, (a) and (b), of a semiconductor device. Both views show a substrate 421 with a wavy bottom surface. A thin layer 423 is deposited on top of the substrate. On this layer, there are several vertical structures 431. Each structure 431 is divided into two parts by a horizontal line 424. The top part of each structure contains small circles with minus signs (-). In view (a), dashed arrows 432 and 434 point downwards from the top of the structures, and dashed arrows 435 point upwards from the bottom of the structures. In view (b), dashed arrows 433 and 438 point upwards from the bottom of the structures, and dashed arrows 434 point downwards from the top of the structures.

【図3】

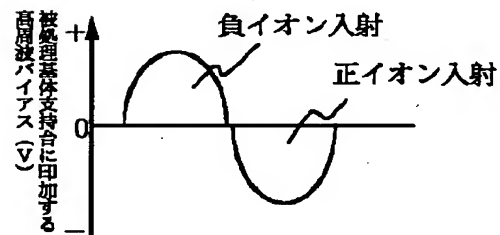
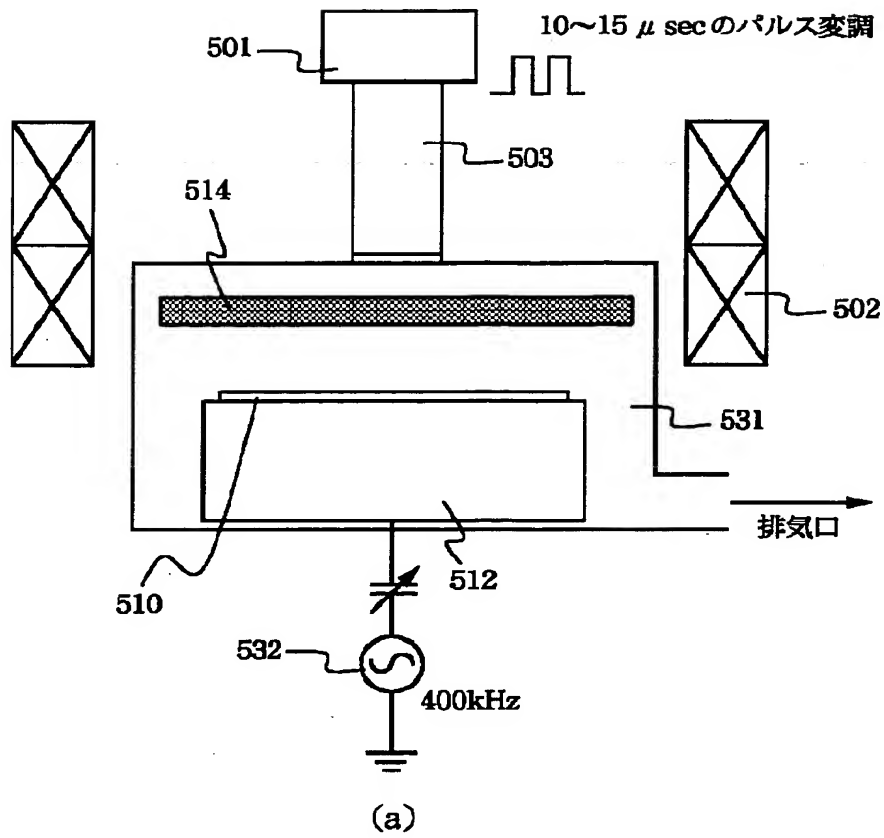


【図6】

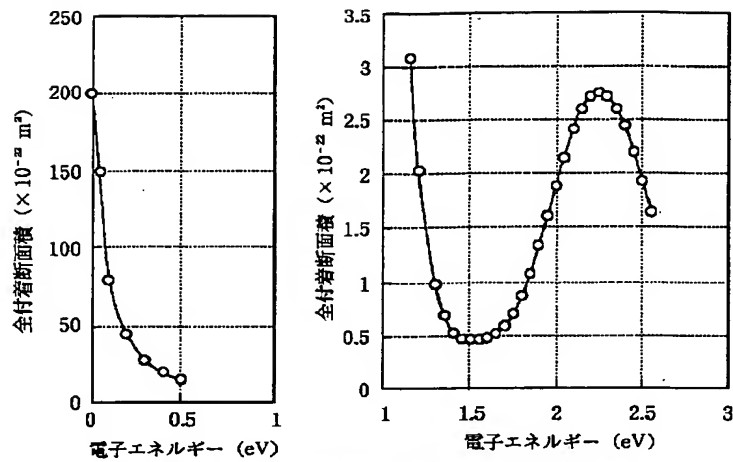


ハロゲン系ガスの電子付着断面積の電子エネルギー依存性
 反応式: $X_2 + e^- \rightarrow X^- + X^- + e^-$

【図5】



【図7】



塩素分子への電子付着解離断面積の電子エネルギー依存性
 反応式: $\text{Cl}_2 + e^- \rightarrow \text{Cl}^+ + \text{Cl}^- + e^-$

フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

H 0 5 H 1/46

識別記号

F I

H 0 5 H 1/46

H 0 1 L 21/302

テーマコード(参考)

B

F

F ターム(参考) 4K057 DA02 DB01 DD01 DD05 DD08
 DE01 DE02 DE06 DE07 DE08
 DE09 DE11 DE14 DG06 DG12
 DM01 DM02 DM21 DM28 DM29
 DN01 DN03
 5C030 DD01 DD02 DE01 DE04 DE05
 DG01
 5C034 BB06 BB09
 5F004 AA06 BA03 BA04 BA13 BA14
 BA16 BA20 BB14 BB18 BB28
 DA00 DA01 DA02 DA03 DA04
 DA05 DA06 DA08 DA10 DA11
 DA17 DA18 DA26 DA27 DB02
 DB08 DB12 EB02